

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-297494

(43)Date of publication of application : 10.11.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 06-106056

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD  
RES DEV CORP OF JAPAN  
AKASAKI ISAMU  
AMANO HIROSHI

(22)Date of filing : 20.04.1994

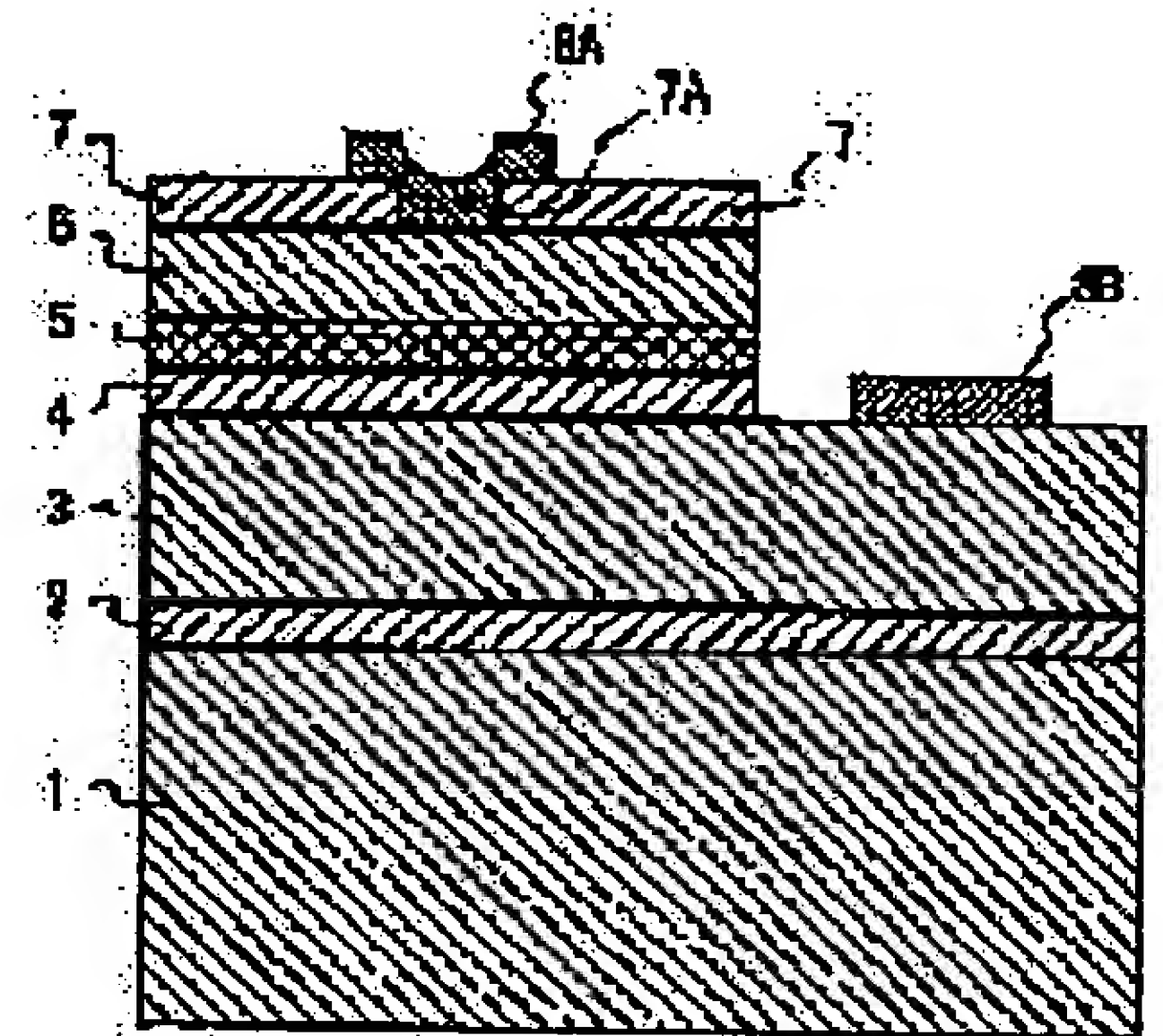
(72)Inventor : YAMAZAKI SHIRO  
KOIDE NORIKATSU  
AKASAKI ISAMU  
AMANO HIROSHI

## (54) GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER DIODE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the threshold current of laser oscillation by forming an active layer of a gallium nitride compound semiconductor which shows Si-added conductivity.

CONSTITUTION: An AlN layer 2 is formed on a sapphire substrate 1 by supplying trimethyl aluminum (TMA) and NH<sub>3</sub>. Next, Si-added n-type GaN layer 3 (n<sup>+</sup> layer) is grown by stopping the supply of only TMA and supplying trimethyl gallium (TMG) and SiH<sub>4</sub>. Next, an unadded Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N layer 4 (n layer) is formed in the part which is not asked with SiO<sub>2</sub> by supplying TMA and TMG. Next, an Si-added GaN layer 5 (active layer) is grown by supplying TMG and SiH<sub>4</sub>. Thus, since the active layer is formed of an Si-added gallium nitride compound semiconductor (Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>y</sub>In<sub>1-y</sub>N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1) which shows n-type conductivity, light emission efficiency can be enhanced and a threshold current can be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the laser diode which consists of the gallium nitride system compound semiconductor ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ ) ( $\text{yIn}_{1-y}\text{N}$ :0  $\leq x \leq 1$ , 0  $\leq y \leq 1$ ) of the double heterojunction structure which sandwiched the barrier layer in the layer which has bigger forbidden-band width of face than the forbidden-band width of face said barrier layer The gallium nitride system compound semiconductor laser diode characterized by forming with the gallium nitride system compound semiconductor ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ ) ( $\text{yIn}_{1-y}\text{N}$ :0  $\leq x \leq 1$ , 0  $\leq y \leq 1$ ) in which the n-type conduction nature by which Si was added is shown.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the laser aiming at the fall of an oscillation threshold current about visible single wavelength and the semiconductor laser diode which can emit light in the ultraviolet radiation field from a blue field to a purple field especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the laser diode of a publication is proposed by JP,4-242985,A. The laser diode is produced by the gallium nitride system compound semiconductor  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{yIn}_{1-y}\text{N}_0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$ , and the additive-free layer of an impurity is used for the barrier layer.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] For this reason, the luminous efficiency between bands is bad and there is a problem that the threshold current of laser oscillation is high.

[0004] The place which accomplishes this invention in order to solve the above-mentioned technical problem, and is made into the purpose is reducing the threshold current of laser oscillation.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In the laser diode which consists of the gallium nitride system compound semiconductor  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{yIn}_{1-y}\text{N}_0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  of the double heterojunction structure where the configuration of invention for solving the above-mentioned problem sandwiched the barrier layer in the layer which has bigger forbidden-band width of face than the forbidden-band width of face It is characterized by forming with the gallium nitride system compound semiconductor  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{yIn}_{1-y}\text{N}_0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  in which the n-type conduction nature by which Si was added in the barrier layer is shown.

[0006]

[Function and Effect] Since it formed with the gallium nitride system compound semiconductor  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{yIn}_{1-y}\text{N}_0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  in which the n-type conduction nature by which Si was added in the barrier layer is shown, the luminous efficiency of a barrier layer was able to be raised and the threshold current of an oscillation was able to be reduced.

[0007]

[Example] Hereafter, this invention is explained based on a concrete example.

[0008] Drawing 1 is the sectional view having shown the structure of a semiconductor laser diode where silicon on sapphire was used. In drawing 1, the silicon on sapphire 1 which makes a field (0001) a crystal growth side is installed in the crystal growth section of crystal growth equipment after organic washing. After evacuation, hydrogen is supplied and the temperature up of the growth furnace is carried out to about 1200 degrees C. The hydrocarbon system gas which had adhered to the front face of silicon on sapphire 1 by this is removed to some extent.

[0009] Next, temperature of silicon on sapphire 1 The temperature is lowered to about 400 degrees C, and it is trimethylaluminum (TMA). And ammonia (NH<sub>3</sub>) AlN which supplies and has about 50nm thickness on silicon on sapphire 1 A layer 2 is formed.

[0010] Next, TMA A stop and substrate temperature are raised only for supply to 1150 degrees C, and it is trimethylgallium (TMG). And silane (SiH<sub>4</sub>) It supplies and is the Si addition n mold GaN. A layer 3 (n+ layer) is grown up.

[0011] A wafer is taken out from a growth furnace and it is once GaN. After carrying out the mask of a part of front face of a layer 3 by SiO<sub>2</sub>, it returns to a growth furnace again and evacuation is carried out, and they are hydrogen and NH<sub>3</sub>. It supplies and a temperature up is carried out to 1150 degrees C.

[0012] Next, TMA And TMG It supplies and is SiO<sub>2</sub>. It is thickness to the part by which a mask is not carried out. 0.5-micrometer additive-free aluminum0.1Ga0.9N A layer 4 (n layers) is formed.

[0013] Next, TMG It reaches, a silane (SiH<sub>4</sub>) is supplied and it is the thickness of silicon (Si) addition. The 0.4-micrometer GaN layer 5 (barrier layer) is grown up.

[0014] Next, TMA and TMG And Cp<sub>2</sub>Mg It supplies and is thickness 0.5. aluminum0.1Ga0.9N of magnesium addition of mum A layer 6 (p layers) is formed. Next, fluoric acid system etchant removes SiO<sub>2</sub> used as a mask.

[0015] next, aluminum0.1Ga0.9N a layer 6 (p layers) top — SiO two-layer — aluminum0.1Ga0.9N which opens aperture 7A 1mm long and in the shape of [ 50 micrometers wide ] a strip of paper, and is moved to a vacuum chamber and by which magnesium was added after depositing 7 Electron-beam-irradiation processing is performed in a layer 6 (p layers) the following condition. By the exposure of this electron ray, it is aluminum0.1Ga0.9N. The layer 6 (p layers) showed p mold conduction.

[0016]

[Table 1]

電子線加速電圧	1 5 K V
エミ ッ シ ョ ン 電 流	1 2 0 $\mu$ A 以上
電子線スポット径	6 0 $\mu$ m $\phi$
試料温度	2 9 7 K

[0017] Next, aluminum0.1Ga0.9N The part of aperture 7A of a layer 6 (p layers), and GaN Metal electrodes 8A and 8B are formed in a layer 3 (n+ layer), respectively.

[0018] Thus, the laser diode was created. This laser diode is GaN. Compared with what made the layer 5 (barrier layer) additive-free, the oscillation threshold current fell to 90%.

[0019] In addition, although silicon on sapphire 1 is used in the above-mentioned example, they are a silicon substrate, 6 H-SiC substrate, and GaN. A substrate may be used.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view having shown the configuration of the system semiconductor laser diode concerning one concrete example of this invention produced on silicon on sapphire ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ ) ( $\text{yIn}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ).

[Description of Notations]

- 1 — Field (0001) substrate of sapphire
- 2 — AlN Buffer coat
- 3 — GaN Layer (n+ layer)
- 4 — aluminum0.1Ga0.9N Layer (n layers)
- 5 — GaN Layer (barrier layer)
- 6 — aluminum0.1Ga0.9N Layer (p layers)
- 7 — SiO two-layer
- 8A, 8B — Electrode

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-297494

(43) 公開日 平成7年(1995)11月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H01S 3/18

H01L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 1 FD (全 3 頁)

(21) 出願番号

特願平6-106056

(22) 出願日

平成6年(1994)4月20日

(71) 出願人

000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(71) 出願人

390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人

591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-  
805

(74) 代理人

弁理士 藤谷 修

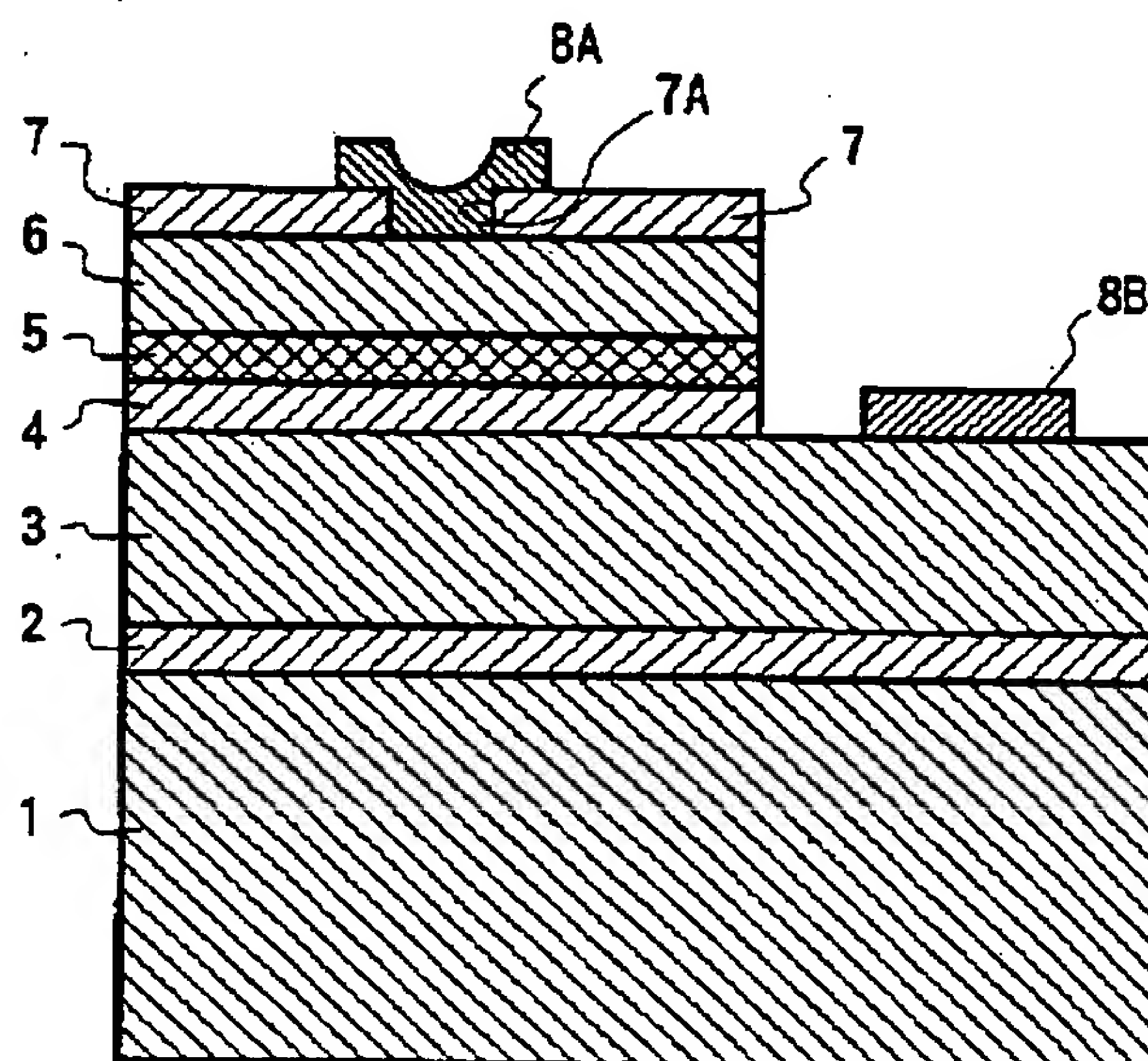
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード

(57) 【要約】

【目的】 レーザの発振しきい値電流を低下させること。

【構成】 活性層5をその禁制帯幅よりも大きな禁制帯幅を有する層4、6で挟んだダブルヘテロ接合構造の窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成るレーザダイオードにおいて、活性層5を、Siが添加されたn型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  で形成した。この結果、発光効率が向上したため、発振しきい値電流が低下した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層をその禁制帯幅よりも大きな禁制帯幅を有する層で挟んだダブルヘテロ接合構造の窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成るレーザダイオードにおいて、前記活性層を、Siが添加されたn型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  で形成したことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、可視単波長、特に、青色領域から紫色領域まで、及び紫外光領域で発光可能な半導体レーザダイオードに関し、特に、発振しきい値電流の低下を図ったレーザに関する。

## 【0002】

【従来技術】 従来、特開平4-242985号公報に記載のレーザダイオードが提案されている。そのレーザダイオードは、窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  により作製されており、活性層には不純物の無添加の層が用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このため、バンド間の発光効率が悪く、レーザ発振のしきい値電流が高いという問題がある。

【0004】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、レーザ発振のしきい値電流を低下させることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記問題を解決するための発明の構成は、活性層をその禁制帯幅よりも大きな禁制帯幅を有する層で挟んだダブルヘテロ接合構造の窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成るレーザダイオードにおいて、活性層を、Siが添加されたn型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  で形成したことを特徴とする。

## 【0006】

【作用及び効果】 活性層を、Siが添加されたn型伝導性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}; 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  で形成したので、活性層の発光効率を向上させることができ、発振のしきい値電流を低下させることができた。

## 【0007】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

【0008】 図1は、サファイア基板を用いた半導体レーザダイオードの構造を示した断面図である。図1において、(0001)面を結晶成長面とするサファイア基板1を有機洗浄の後、結晶成長装置の結晶成長部に設置する。

成長炉を真空排気の後、水素を供給し1200℃程度まで昇温する。これによりサファイア基板1の表面に付着していた炭化水素系ガスがある程度取り除かれる。

【0009】 次に、サファイア基板1の温度を400℃程度まで降温し、トリメチルアルミニウム(TMA)及びアンモニア(NH<sub>3</sub>)を供給して、サファイア基板1上に50nm程度の膜厚を持つAlN層2を形成する。

【0010】 次にTMAの供給のみを止め、基板温度を1150℃まで上げ、トリメチルガリウム(TMg)及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給しSi添加n型Ga<sub>0.9</sub>N層3(n<sup>+</sup>層)を成長する。

【0011】 一旦、ウェハを成長炉から取り出し、Ga<sub>0.9</sub>N層3の表面の一部をSiO<sub>2</sub>でマスクした後、再び成長炉に戻して真空排気して水素及びNH<sub>3</sub>を供給し1150℃まで昇温する。

【0012】 次に、TMA及びTMgを供給して、SiO<sub>2</sub>でマスクされていない部分に厚さ0.5μmの無添加のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層4(n層)を形成する。

【0013】 次に、TMg及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給しシリコン(Si)添加の厚さ0.4μmのGa<sub>0.9</sub>N層5(活性層)を成長させる。

【0014】 次に、TMA、TMg及びCp<sub>2</sub>Mgを供給して、厚さ0.5μmのマグネシウム添加のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)を形成する。次に、マスクとして使用したSiO<sub>2</sub>を弗酸系エッチャントにより除去する。

【0015】 次に、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)上にSiO<sub>2</sub>層7を堆積した後、縦1mm、横50μmの短冊状に窓7Aを開け、真空チャンバに移して、マグネシウムの添加されたAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)に、次の条件で、電子線照射処理を行う。この電子線の照射により、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)はp型伝導を示した。

## 【0016】

## 【表1】

電子線加速電圧	15KV
エミッション電流	120μA以上
電子線スポット径	60μmφ
試料温度	297K

【0017】 次に、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)の窓7Aの部分と、Ga<sub>0.9</sub>N層3(n<sup>+</sup>層)に、それぞれ、金属電極8A、8Bを形成する。

【0018】 このようにして、レーザダイオードを作成した。このレーザダイオードは、Ga<sub>0.9</sub>N層5(活性層)を無添加としたものに比べて、発振しきい値電流は、90%に低下した。

【0019】 尚、上記実施例では、サファイア基板1を

用いているが、シリコン基板、6H-SiC基板、GaN 基板を用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】 サファイア基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$  系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【符号の説明】

1…サファイアの(0001)面基板

2…AlN 緩衝層

3…GaN 層 ( $n^+$  層)

4… $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層 ( $n$  層)

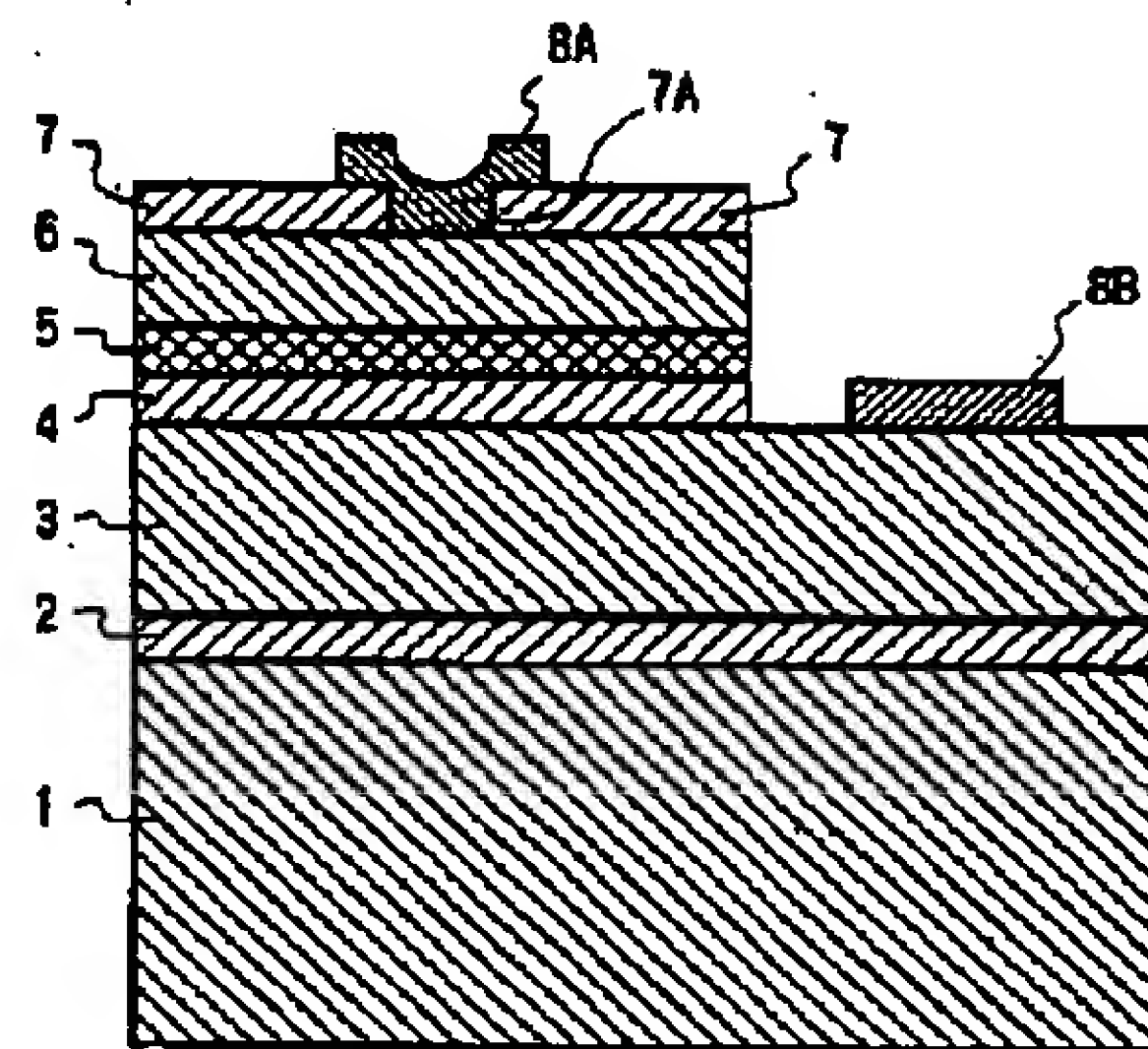
5…GaN 層 (活性層)

6… $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層 ( $p$  層)

7… $\text{SiO}_2$  層

8A, 8B…電極

【図1】



フロントページの続き

(71)出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104

宝マンション山の手508号

(72)発明者 山崎 史郎

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-

805

(72)発明者 天野 浩

愛知県名古屋市名東区神丘町二丁目21 虹

ヶ丘東団地19号棟103号室